

## TETRAFLUORO ETHYLENE / HEXAFLUORO PROPYLENE COPOLYMERS WITH BETTER DUCTILITY

**Publication number:** WO0044797

**Publication date:** 2000-08-03

**Inventor:** KAULBACH RALPH (DE); KILLICH ALBERT (DE); KLOOS FRIEDRICH (DE); LOEHR GERNOT (DE); MAYER LUDWIG (DE); PETERS ERIK (DE); BLONG THOMAS (US); DUCHESNE DENIS (US)

**Applicant:** DYNEON GMBH (DE); KAULBACH RALPH (DE); KILLICH ALBERT (DE); KLOOS FRIEDRICH (DE); LOEHR GERNOT (DE); MAYER LUDWIG (DE); PETERS ERIK (DE); BLONG THOMAS (US); DUCHESNE DENIS (US)

**Classification:**

- **international:** B29C47/02; B29C47/00; C08F2/22; C08F8/22; C08F214/26; H01B7/02; H01B13/14; B29K27/12; B29L31/34; B29C47/02; B29C47/00; C08F2/12; C08F8/00; C08F214/00; H01B7/02; H01B13/06; (IPC1-7): C08F8/22; B29C47/00; C08F214/26

- **european:** B29C47/00B2; C08F8/22; C08F214/26

**Application number:** WO2000EP00528 20000124

**Priority number(s):** DE19991003657 19990129; US19990117780P  
19990129

### Also published as:

- EP1165632 (A1)
- EP1165632 (A0)
- CA2360025 (A1)
- EP1165632 (B1)
- TR200102130T (T2)

[more >>](#)

### Cited documents:

- EP0222945
- WO9405712

[Report a data error here](#)

### Abstract of WO0044797

The invention relates to a fluorinated ethylene propylene copolymer which is processed from the melt by fusion granulation and which consists essentially of monomer units of 78 to 95 wt. % tetrafluoroethylene, 5 to 22 wt. % hexafluoropropene and not more than 3 mol % fluorinated monomers that can be copolymerised with a mixture of tetrafluoroethylene and hexafluoropropene. Said copolymer has a molar ratio of weight average to number average of less than 2, has less than 80 unstable terminal groups per  $1 \times 10^{<6>}$  carbon atoms and is produced by aqueous emulsion polymerisation. The copolymer is coagulated after polymerisation and then agglomerated. The agglomerate is isolated and dried to form a free flowing product, partial sintering being prevented. Said product is brought into contact with an effective amount of fluorine at a temperature between 60 DEG C and the preliminary sintering temperature, whereby unstable terminal groups are converted into stable terminal groups. The fusion granulate is advantageously treated with ammonia or a compound which liberates ammonia, in water. The product can be used for coating wires and cables.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

WO0044797

**Title:**

**TETRAFLUORO ETHYLENE / HEXAFLUORO PROPYLENE COPOLYMERS  
WITH BETTER DUCTILITY**

**Abstract:**

The invention relates to a fluorinated ethylene propylene copolymer which is processed from the melt by fusion granulation and which consists essentially of monomer units of 78 to 95 wt. % tetrafluoroethylene, 5 to 22 wt. % hexafluoropropene and not more than 3 mol % fluorinated monomers that can be copolymerised with a mixture of tetrafluoroethylene and hexafluoropropene. Said copolymer has a molar ratio of weight average to number average of less than 2, has less than 80 unstable terminal groups per  $1 \times 10^6$  carbon atoms and is produced by aqueous emulsion polymerisation. The copolymer is coagulated after polymerisation and then agglomerated. The agglomerate is isolated and dried to form a free flowing product, partial sintering being prevented. Said product is brought into contact with an effective amount of fluorine at a temperature between 60 DEG C and the preliminary sintering temperature, whereby unstable terminal groups are converted into stable terminal groups. The fusion granulate is advantageously treated with ammonia or a compound which liberates ammonia, in water.

The product can be used for coating wires and cables.

**PCT**

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro


**INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)**

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : <b>C08F 8/22, 214/26, B29C 47/00</b>		<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/44797</b>
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. August 2000 (03.08.00)
(21) Internationales Aktenzeichen:	PCT/EP00/00528	(74) Gemeinsamer Vertreter:	DYNEON GMBH; D-84504 Burgkirchen (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum:	24. Januar 2000 (24.01.00)	(81) Bestimmungsstaaten:	AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
(30) Prioritätsdaten:	199 03 657.8 29. Januar 1999 (29.01.99) DE 60/117,780 29. Januar 1999 (29.01.99) US	(72) Erfinder; und	Veröffentlicht
(71) Anmelder ( <i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i> ):	DYNEON GMBH [DE/DE]; D-84504 Burgkirchen (DE).	(75) Erfinder/Anmelder ( <i>nur für US</i> ): KAULBACH, Ralph [DE/DE]; Fadingerstrasse 21, D-84547 Emmerting (DE). KILLICH, Albert [DE/DE]; Ludwigshafener Strasse 4, D-84508 Burgkirchen (DE). KLOOS, Friedrich [DE/DE]; Birkenstrasse 15, D-84556 Kastl (DE). LÖHR, Gernot [DE/DE]; Schneibsteinstrasse 6, D-84508 Burgkirchen (DE). MAYER, Ludwig [DE/DE]; Madlstrasse 8, D-84508 Burgkirchen (DE). PETERS, Erik [DE/DE]; Brunnthalerstrasse 22c, D-84518 Garching (DE). BLONG, Thomas [US/US]; 7426 Chesham Lane, Woodbury, MN 55125 (US). DUCHESNE, Denis [US/US]; 1554 Corral Lane, Woodbury, MN 55125 (US).	<i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(54) Title:	<b>TETRAFLUORO ETHYLENE / HEXAFLUORO PROPYLENE COPOLYMERS WITH BETTER DUCTILITY</b>		
(54) Bezeichnung:	<b>TETRAFLUOR ETHYLEN / HEXAFLUOR PROPYLEN COPOLYMERE MIT BESSERER AUSZIEHBARKEIT</b>		
(57) Abstract	<p>The invention relates to a fluorinated ethylene propylene copolymer which is processed from the melt by fusion granulation and which consists essentially of monomer units of 78 to 95 wt. % tetrafluoroethylene, 5 to 22 wt. % hexafluoropropene and not more than 3 mol % fluorinated monomers that can be copolymerised with a mixture of tetrafluoroethylene and hexafluoropropene. Said copolymer has a molar ratio of weight average to number average of less than 2, has less than 80 unstable terminal groups per <math>1 \times 10^6</math> carbon atoms and is produced by aqueous emulsion polymerisation. The copolymer is coagulated after polymerisation and then agglomerated. The agglomerate is isolated and dried to form a free flowing product, partial sintering being prevented. Said product is brought into contact with an effective amount of fluorine at a temperature between 60 °C and the preliminary sintering temperature, whereby unstable terminal groups are converted into stable terminal groups. The fusion granulate is advantageously treated with ammonia or a compound which liberates ammonia, in water. The product can be used for coating wires and cables.</p>		
(57) Zusammenfassung	<p>Ein aus der Schmelze verarbeitbares, schmelzgranulierte FEP-Copolymer, das im wesentlichen aus Monomereinheiten von 78 bis 95 Gew.-% Tetrafluorethylen, 5 bis 22 Gew.-% Hexafluorpropen und höchstens 3 Mol-% an fluorierten Monomeren besteht, die mit einem Gemisch von Tetrafluorethylen und Hexafluorpropen copolymerisierbar sind, ein molares Verhältnis von Gewichtsmittel zu Zahlenmittel von weniger als 2 und weniger als 80 instabile Endgruppen pro <math>1 \times 10^6</math> Kohlenstoffatome aufweist, wird durch wässrige Emulsionspolymerisation erhalten. Nach der Polymerisation wird das Copolymer koaguliert, das koagulierte Copolymer agglomeriert, das Agglomerat isoliert, unter Vermeidung von Teilsintern zu einem frei fließenden Produkt getrocknet, dieses bei 60 °C bis zur Vorsintertemperatur mit einer wirksamen Menge an Fluor in Berührung gebracht, wobei instabile Endgruppen in stabile Endgruppen überführt werden. Das Schmelzgranulat wird vorteilhaft in Wasser mit Ammoniak oder einer Verbindung, die Ammoniak freisetzt, behandelt. Das Produkt eignet sich zur Beschichtung von Drähten und Kabeln.</p>		

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

- 1 -

### Beschreibung

5

## Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen-Copolymere mit besserer Ausziehbarkeit

10

### Sachgebiet der Erfindung

15

Die vorliegende Erfindung betrifft Schmelzgranulate von aus der Schmelze verarbeitbaren Copolymeren aus Tetrafluorethylen (TFE) und Hexafluorpropylen (HFP) mit verbesserter Verarbeitbarkeit für Draht- und Kabelanwendungen und ein Verfahren zur Verwendung dieses Polymers zur Beschichtung von Draht- und Kabelleitern.

20

### Hintergrund

25

Aus der Schmelze verarbeitbare Copolymeren mit TFE und HFP sind unter der Bezeichnung FEP bestens bekannt. Als perfluorierte Thermoplaste haben solche Copolymeren einzigartige Endanwendungseigenschaften wie Chemikalienbeständigkeit, Witterungsbeständigkeit, Schwerentflammbarkeit, thermische Stabilität und ausgezeichnete elektrische Eigenschaften. Wie andere Thermoplaste lässt sich FEP in einfacher Weise zu beschichteten Drähten, Schläuchen, Rohren, Folien und Filmen formen.

30

Wegen seiner hervorragenden thermischen Stabilität und weil es praktisch nicht entflammbar ist, wird FEP häufig als Konstruktionsmaterial für Hallen und Versammlungsräume verwendet, um die strengen Brandschutzauflagen zu erfüllen. FEP empfiehlt sich wegen seiner hervorragenden dielektrischen Eigenschaften auch

sehr für die Verwendung in Datenübertragungskabeln  
(EP-A-423 995).

Bei der Extrusionsbeschichtung von Drähten und Kabeln  
5 sind hohe Verarbeitungsgeschwindigkeiten gefordert.  
Derartigen hohen Extrusionsraten sind jedoch bei vielen  
Thermoplasten durch Schmelzebrüchen Grenzen gesetzt.  
Schmelzebrüche führen zu rauen Oberflächen und/oder  
ungleichmäßigen Wandstärken. Daher wird angenommen, daß  
10 man zur Erhöhung der Extrusionsgeschwindigkeit ein  
Copolymer mit sehr breiter Molekulargewichtsverteilung  
verwenden sollte, beispielsweise bei den FEPs gemäß  
US-A-4 552 925.

15 Um die Molekulargewichtsverteilung wesentlich zu  
verbreitern, wird meist eine Mischung von mindestens zwei  
FEPs mit stark unterschiedlichem Molekulargewicht  
verwendet. Die Molekulargewichte werden meist anhand von  
Schmelzeviskosität oder Schmelzflußindex (MFI-Wert)  
20 charakterisiert. Die gewünschten Mischungen werden  
oftmals dadurch erhalten, daß man die Komponenten separat  
durch Polymerisation herstellt und sie anschließend in  
Form von Latices, Perlen oder flaumigen Produkten vor der  
Schmelzgranulierung vermischt. Die Herstellung dieser  
25 Mischungen ist deshalb mühsam und teuer.

Andere FEP-Mischungen werden in DE 26 13 642 und  
DE 26 13 795 offenbart.

30 Diese Mischungen sind angeblich vorteilhaft, um das  
während des Stabilisationsvorgangs von FEP auftretende  
Schäumen zu unterdrücken. Dabei behandelt man das Harz  
bei hohen Temperaturen (bis 400 °C), vorzugsweise mit  
Wasserdampf. Mit Hilfe dieses Verfahrens werden thermisch  
35 instabile Endgruppen (größtenteils COOH- und

- 3 -

CONH<sub>2</sub>-Gruppen) beseitigt. Diese Endgruppen können leicht mittels IR-Spektroskopie detektiert werden.

5 Diese Mischungen weisen eine sehr breite Molekulargewichtsverteilung auf, was nach allgemeiner Auffassung der Fachleute die Extrudierbarkeit verbessert.

10 Für die Verarbeitung von FEP, insbesondere für Drahtummantelungen, müssen thermisch instabile Endgruppen entfernt werden. Die Zersetzungreaktion der instabilen Endgruppen, die in "Modern Fluoropolymers", Herausgeber John Scheirs, Wiley & Sons 1997, Seite 228, beschrieben wird, führt zu Blasen und Löchern in den Endprodukten. Die Schmelzgranulierung von nicht 15 stabilisierten Polymerharzen führt zu Korrosionsschäden an den verwendeten Apparaturen und zu Metallverunreinigungen des hergestellten Schmelzgranulats. Die in DE 26 13 642 und DE 26 13 795 beschriebenen Stabilisierungsverfahren sind jedoch 20 schwierig durchzuführen, da sie wegen der Verwendung von Wasserdampf Korrosionsprobleme an den verwendeten Apparaturen aufwerfen.

25 Metallverunreinigungen sind schwierig zu beherrschen und können zum Abbau und zur Zersetzung des Copolymers bei hohen Verarbeitungstemperaturen führen. Diese Zersetzung führt zu Verfärbungen und Abbau sowie zu Verlegungen an Düsen. Hierbei handelt es sich um Ansammlungen von Molekülfraktionen des Polymers an der Oberfläche des 30 Düsenausgangs, die den Beschichtungsprozeß negativ beeinflussen. Außerdem können auch sogenannte "Kegelbrüche" auftreten. Beim Beschichten eines Drahts wird das schmelzflüssige Polymer in Form eines Rohrs oder Mantels extrudiert und mittels Vakuum auf den Draht 35 aufgezogen. Kegelbrüche sind Unterbrechungen oder Brüche, die bei diesem Prozeß auftreten. Jedesmal wenn ein

solcher Kegelbruch auftritt, muß man den Beschichtungsprozeß neu beginnen und warten, bis das System wieder ins Gleichgewicht kommt. Dies führt dazu, daß es schwierig wird, lange Betriebszeiten zu erreichen.  
5 Außerdem verringert sich die Produktivität.

Des weiteren müssen die Extrusionstemperaturen so niedrig wie möglich gehalten werden, um Zersetzungreaktionen und der daraus resultierenden Abgabe toxischer Gase  
10 entgegenzuwirken, deren Geschwindigkeit mit steigender Temperatur deutlich zunimmt. Andererseits bewirken niedrige Extrusionstemperaturen höhere Schmelzeviskositäten und damit ein früheres Auftreten von Schmelzebrüchen. Eine Erniedrigung der  
15 Schmelzgrenzviskosität durch Verringerung des Molekulargewichts führt zu schlechteren mechanischen Eigenschaften.

Daraus ergibt sich, daß das Material nicht nur durch  
20 Eliminierung der thermisch instabilen Endgruppen, sondern auch durch Vermeidung von Metallverunreinigungen und gegenüber scherendem und/oder thermischem Abbau anfälligeren Mw-Fraktionen thermisch stabiler gemacht werden sollte.

25 Eine weitere Möglichkeit zur Eliminierung instabiler Endgruppen ist die Nachfluorierung, beispielsweise gemäß GB-A-1 210 794, US-A-4 743 658 und EP-B-457 225. Im allgemeinen setzt man bei diesem Verfahren mit Stickstoff  
30 verdünntes elementares Fluor ein und arbeitet bei erhöhten Temperaturen bis zum Schmelzbereich des Polymers. Das Polymer kann hierbei in Form von Schmelzgranulaten, Agglomeraten oder flaumigen Produkten fluoriert werden. Auch hierbei sind allzu starke  
35 Verunreinigungen mit Metallen zu vermeiden.

In EP-B-222 945 wird die Fluorierung von gehärteten Agglomeraten beschrieben, die dort als Granulat bezeichnet werden.

5 Die Fluorierung führt zu perfluorierten Endgruppen, wohingegen die oben beschriebene Behandlung mit feuchter Hitze mechanistisch nicht zur Bildung eines durchfluorierten Polymerharzes führen kann. Es ist anzunehmen, daß in diesem Fall in der Hauptkette des  
10 Polymers insertierte Doppelbindungen vorhanden sind, die eine inhärente thermische Instabilität bewirken. Diese Bindungen bewirken möglicherweise die Verfärbungen bei langandauernder Einwirkung hoher Temperaturen.

15 In US-A-4 626 587 wird eine weitere FEP-Abbaureaktion beschrieben. Hierbei soll die Reaktion damit beginnen, daß zunächst bei Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes HFP-Diaden in der Kettenmitte gespalten werden. Solche Diaden bilden sich bei der radikalischen Polymerisation durch Rekombination der entsprechenden Polymerradikale als Abbruchschritt. Die Zerstörung der Diaden unter den Verarbeitungsbedingungen führt zu einer Halbierung des Molekulargewichts dieser Polymerketten, was die mechanischen Eigenschaften des Polymers negativ  
20 beeinflußt, und außerdem zur Bildung von instabileren Endgruppen. Gemäß US-A-4 626 587 werden derartige Diaden durch Einwirkung sehr hoher Scherraten auf das Material bei einer Temperatur, die deutlich über dem Schmelzpunkt liegt, zerstört. Dieses Verfahren ist außerdem sehr  
25 teuer.  
30

Ein weiteres Verfahren zur Verminderung der Instabilität der Hauptkette wird in EP-A-789 038 offenbart. Dabei wird die Terminierung von Polymerradikalen durch Verwendung von relativ großen Mengen eines Kettenübertragungsmittels unterdrückt.

Kurzdarstellung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung stellt ein Material für Draht- und Kabelbeschichtungen bereit, das bei höheren Geschwindigkeiten und höheren Temperaturen verarbeitet werden kann und längere Maschinenlaufzeiten ermöglicht. Die Erfindung stellt weiterhin ein Herstellungsverfahren bereit, das wirtschaftlicher und in Bezug auf gleichbleibende Qualität besser steuerbar ist. Außerdem stellt die Erfindung ein Verfahren zur Verringerung von Düsenverlegungen und der Häufigkeit von Kegelbrüchen bei der Extrusionsbeschichtung von Drähten oder Kabeln bereit.

15

Detaillierte Beschreibung

Bei dem erfindungsgemäßen Polymer handelt es sich um ein Copolymer von TFE und HFP. Es weist einen HFP-Gehalt im Bereich von 5 bis 22 Gew.-%, vorzugsweise 10 bis 20 18 Gew.-%, einen TFE-Gehalt von 95 bis 78 Gew.-%, vorzugsweise 90 bis 82 Gew.-%, auf und enthält gegebenenfalls bis zu 3 Mol-% eines fluorierten Monomers, das mit HFP und TFE copolymerisierbar ist. Bei dem gegebenenfalls vorhandenen Comonomer handelt es sich vorzugsweise um einen Perfluoralkylvinylether gemäß EP-A-789 038 und DE-C-27 10 501. Der Monomerengehalt kann IR-spektroskopisch ermittelt werden, wie es in US-A-4 552 925 beschrieben ist. Die erfindungsgemäßen Polymere haben in der Regel einen Schmelzpunkt von 30 240 bis 275 °C, vorzugsweise 245 bis 265 °C.

Das erfindungsgemäße Polymer ist im wesentlichen frei von thermisch instabilen Endgruppen, deren Entfernung durch Nachfluorierung der Agglomerate erfolgt. Unter "im wesentlichen frei von Endgruppen" sind weniger als

- 7 -

80 Endgruppen pro Million Kohlenstoffatome, bevorzugt  
weniger als 40 Endgruppen und besonders bevorzugt weniger  
als 30 Endgruppen pro Million Kohlenstoffatome zu  
verstehen. Die Substanz weist in Bezug auf Metalle einen  
5 hohen Reinheitsgrad auf, daß heißt, daß der Gesamtgehalt  
an Eisen, Chrom und Nickel unter 200 ppb (= parts per  
billion), vorzugsweise unter 100 ppb, liegt.

Das zur Beschichtung von Draht- und Kabelleitern  
10 verwendete erfindungsgemäße Polymer weist eine sehr enge  
Molekulargewichtsverteilung auf, das heißt ein  
Mw/Mn-Verhältnis von weniger als 2 (Mw = Gewichtsmittel,  
Mn = Zahlenmittel des Molekulargewichts). Der Mindestwert  
für dieses Verhältnis beläuft sich auf 1,5. Dies steht im  
15 Gegensatz zu den für Drahtbeschichtungen mit hohen  
Extrusionsraten empfohlenen FEP-Qualitäten, für die eine  
breite Molekulargewichtsverteilung angeraten wird. Die  
Breite der Molekulargewichtsverteilung wird nach der  
Methode von W. H. Tuminello, Polym. Eng. Sci. 26, 1339  
20 (1986) bestimmt. Für die Hochgeschwindigkeitsdraht-  
extrusion ist der MFI-Wert des Polymers  $\geq$  15. Niedrigere  
MFI-Werte sind für andere Anwendungen brauchbar, wie zum  
Beispiel geschäumtes Koaxialkabel. Dieses Polymer ist  
vorzugsweise im wesentlichen frei von instabilen  
25 Endgruppen. Ganz besonders bevorzugt handelt es sich  
dabei um das erfindungsgemäße Polymer.

Ein schmelzgranuliertes erfindungsgemäßes Copolymer mit  
einem MFI-Wert von 24 und 15 Gew.-% HFP kann wie unten  
30 beschrieben hergestellt werden. Dieses Polymer kann mit  
einem Drahtbeschichtungsextruder bei beispielsweise  
390 °C (735 °F) mit einer Geschwindigkeit von 454 m/min  
(1500 Fuß/min) über eine Maschinenlaufzeit von 6 Stunden  
betrieben werden, und zwar ohne Verfärbung, ohne  
35 Auftreten wesentlicher Düsenverlegungen und mit weniger  
Kegelbrüchen als mit handelsüblichen FEP-Qualitäten. Die

Ursachen für die überraschend gute Leistung sind nicht ganz geklärt.

Trotz enger Molekulargewichtsverteilung lassen sich hohe  
5 Verarbeitungsraten erreichen. Wie oben bereits ausgeführt wurde, geht man in der Fachwelt davon aus, daß zur Erzielung von derartig hohen Verarbeitungsraten eine breite Molekulargewichtsverteilung erforderlich ist. Es wurde nun gefunden, daß eine enge  
10 Molekulargewichtsverteilung besser ist, wodurch ein herrschendes Vorurteil überwunden wird.

Darüber hinaus tritt bei der Verarbeitung keinerlei Verfärbung auf. Dies ist ein Indiz dafür, daß keine  
15 Zersetzungreaktion stattfindet. Der MFI-Wert des extrudierten Materials ist praktisch unverändert. Die Zahl der mittels IR detektierbaren Endgruppen nimmt nicht zu. Aus diesen beiden Befunden ist zu schließen, daß kein signifikanter Kettenabbau stattfindet. Diese Beobachtung deutet darauf hin, daß in dem Material keine schwachen  
20 Hauptkettenbindungen, wie beispielsweise HFP-Diaden (US-A-4 626 587), vorhanden sind.

Wie das Fehlen von Verfärbungen sowie der nahezu  
25 unveränderte MFI-Wert und die nahezu unveränderte Zahl von Endgruppen beweisen, tritt selbst bei höheren Verarbeitungstemperaturen keine nennenswerte Zersetzung auf. Es wird angenommen, daß dies zu verminderter Düsenverlegung und der starken Abnahme der Häufigkeit von  
30 Kegelbrüchen führt. Damit zeichnet sich das erfindungsgemäße Copolymer durch eine überraschend hohe thermische Stabilität selbst unter Scherbelastung aus. Daher kann das erfindungsgemäße Polymer auch für andere Anwendungszwecke mit Vorteil eingesetzt werden.

Der Nachweis des Fehlens von Zersetzungreaktionen ist überraschend und noch nicht ganz geklärt. Es wird angenommen, daß Metallverunreinigungen, insbesondere Schwermetalle wie Eisen, Nickel und Chrom, eine Zersetzungreaktion induzieren könnten. In der Tat ergab die Neutronenaktivierungs-Analyse, daß das verwendete Material nur weniger als 50 ppb an Eisen-, Nickel- und Chromionen enthielt. Das erfindungsgemäße Copolymer kann somit als hochrein eingestuft werden.

10

Das erfindungsgemäße Polymer kann nach dem nachstehend beschriebenen Verfahren hergestellt werden.

Die Polymerisation kann als radikalische wäßrige Emulsionspolymerisation durchgeführt werden, wie sie im Stand der Technik bekannt ist (siehe US-A-2 946 763). Als Initiatoren verwendet man Ammonium- oder Kaliumperoxodisulfat. Als Emulgatoren werden Standardemulgatoren, wie zum Beispiel das Ammoniumsalz der Perfluoroctansäure, verwendet. Der Formulierung können Puffersubstanzen, wie zum Beispiel  $\text{NH}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  oder  $\text{NaHCO}_3$ , zugesetzt werden. Man verwendet übliche Kettenübertragungsmittel, wie zum Beispiel  $\text{H}_2$ , niedere Alkane, Methylenfluorid oder Methylenchlorid. Chlor- und bromhaltige Kettenübertragungsmittel sollten vermieden werden. Diese Komponenten können bei der Fluorierung starke Korrosionsschäden verursachen. Die Polymerisationstemperatur kann 40 bis 120 °C und vorzugsweise 50 bis 80 °C betragen; der Polymerisationsdruck kann 8 bis 25 bar, vorzugsweise 10 bis 20 bar, betragen. HFP wird vorgelegt und dem Reaktor nach den Regeln der Copolymerisation zudosiert [siehe zum Beispiel "Modern Fluoropolymers", Herausgeber John Scheirs, Wiley & Sons (1997), Seite 241]. Die bevorzugte Polymerisationsformulierung ist frei von Alkalimetallsalzen.

- 10 -

Des weiteren wird die Copolymerisation bevorzugt so durchgeführt, daß im Gegensatz zu EP-A-789 038 kein Kettenübertragungsmittel verwendet wird.

Kettenübertragungsmittel führen automatisch zu einer Verbreiterung der Molekulargewichtsverteilung. Die Auftragung der Polymerisationsgeschwindigkeit gegen die Zeit soll die Form der in "Modern Fluoropolymers", Herausgeber John Scheirs, Wiley & Sons, 1997, Seite 226, beschriebenen Kurve aufweisen. Wie in dieser Veröffentlichung angegeben wird, kann das Mw/Mn-Verhältnis leicht aus den Auftragungen der Geschwindigkeit gegen die Zeit in Abwesenheit eines Kettenübertragungsmittels mittels Gleichung (6), Seite 230, berechnet werden, wobei angenommen wird, daß der Abbruch ausschließlich durch Rekombination erfolgt. Die Rekombination führt bei niedrigen Umsätzen zu einem Mw/Mn-Verhältnis von 1,5. Ein hauptsächlich durch Kettenübertragung erfolgender Abbruch führt zu einem Mw/Mn-Verhältnis von 2.

Die radikalische Polymerisation kann auch in einem nichtwässrigen Medium, zum Beispiel R 113, durchgeführt werden, wie es in US-A-3 528 954 beschrieben wird. Dieses nichtwässrige Verfahren ist jedoch nicht bevorzugt, weil angenommen wird, daß es aufgrund des in dieser "Suspensionspolymerisation" auftretenden Geleffekts auch niedrigere Anteile an hochmolekularen Produkten liefert. Wahrscheinlicher ist, daß schwache Hauptkettenbindungen (HFP-Diaden) durch den Geleffekt entstehen. Das Auftreten eines Geleffekts bei der wässrigen Emulsionspolymerisation ist völlig unwahrscheinlich, weil Kettenwachstum und -abbruch an der Oberfläche der Latex-Partikel stattfinden.

Die bei der Polymerisation anfallende Dispersion wird mechanisch mit einem Homogenisator koaguliert (siehe

EP-B-591 888) und mit einer nicht mit Wasser mischbaren organischen Flüssigkeit, beispielsweise Benzin, agglomeriert, wie es im Stand der Technik gut bekannt ist (siehe "Modern Fluoropolymers", Herausgeber John Scheirs, Wiley & Sons, 1997, Seite 227). Bei den Agglomeraten handelt es sich um freifließende Perlen mit einem Durchmesser von 0,5 bis 2 mm. Die Freifließbarkeit ist im Hinblick auf die technisch sichere Durchführung der folgenden Aufarbeitungsschritte bevorzugt. Die Trocknung des Agglomerats erfolgt durch Spülen mit Stickstoff und dann unter mäßigem Vakuum bei Temperaturen bis zu 180 °C.

Eine chemische Koagulation des Agglomerats ist ebenfalls möglich. Hierzu verwendet man jedoch im allgemeinen Säuren. Dies ist nicht bevorzugt, da es zu sehr hohen Gehalten an Metallverunreinigungen bei allen nachfolgenden Aufarbeitungsschritten führt. Das Agglomerat kann dann bei Temperaturen von 60 bis 150 °C, vorzugsweise bei 100 bis 140 °C, mit einer Mischung von Fluor in Stickstoff fluoriert werden. Die Mischung enthält im allgemeinen 10 Gew.-% Fluor. Die Fluorierung wird so lange fortgesetzt, bis 90 bis 95 % der Endgruppen des ursprünglichen Agglomerats eliminiert worden sind. Höhere Fluorierungstemperaturen können zu einer schwer zu kontrollierenden Änderung des MFI-Wertes führen, der bis zu 30 % betragen kann. Dies kann zu einer Verbreiterung der Molekulargewichtsverteilung führen und die Leistungsfähigkeit negativ beeinflussen. Infolgedessen wird keine Reproduzierbarkeit erreicht, wodurch die Qualität und die Einheitlichkeit von Drähten und Kabeln, die mit dem Polymer beschichtet sind, negativ beeinflußt wird. Da die Reaktionszeiten durch höhere Temperaturen nicht wesentlich verkürzt wurden, werden höhere Fluorierungstemperaturen nicht als vorteilhaft eingestuft. Darüber hinaus können hohe Temperaturen dazu führen, daß das Agglomerat vorsintert oder sogar sintert.

und das Material an der Apparatewand klebenbleibt. Die Fluorierung wird in einem Taumeltrockner durchgeführt, der das Material in Bewegung hält. Auf diese Weise werden homogenere Reaktionsbedingungen erzielt. Das  
5 freifließende Agglomerat soll möglichst keine Feinanteile enthalten und mechanisch so stabil sein, daß sich bei der Nachbehandlung im wesentlichen keine Feinanteile bilden. Feinanteile können die Zuverlässigkeit der Verfahrensführung negativ beeinflussen. Auf eine Härtung  
10 des Agglomerats, wie sie in EP-B-222 945 beschrieben wird, kann hier verzichtet werden.

Die Fluorierung des Agglomerats hat zwei Vorteile. Sie ist nicht diffusionskontrolliert, da sich die Endgruppen  
15 an der Oberfläche der Latexpartikel befinden. Die Reaktionszeiten sind deshalb relativ kurz. Außerdem ist ungehärtetes Agglomerat so weich, daß keine Metallverunreinigungen von der Wand des Taumeltrockners abgekratzt werden. Auf diese Weise wird der Gehalt an  
20 Metallverunreinigungen verringert. Beides trifft auf die Fluorierung von Schmelzgranulat nicht zu. In diesem Fall sind für die Fluorierung höhere Temperaturen und wesentlich längere Reaktionszeiten erforderlich, um der Tatsache Rechnung zu tragen, daß die Reaktion unter  
25 Diffusionskontrolle abläuft. Außerdem kratzt das harte und scharfe Schmelzgranulat eine beträchtliche Menge an Metall von der Wand des Taumeltrockners ab. Eine Verlängerung der Reaktionszeit führt zu einer stärkeren Verunreinigung mit Metallen. Diese Verunreinigungen sind  
30 schwer zu entfernen. Die gemessene Größenordnung der Metallverunreinigung stieg bei Anwendung des Granulatverfahrens um zwei Zehnerpotenzen an.

Das fluorierte Agglomerat wird anschließend  
35 schmelzgranuliert.

Bei der Trocknung und der Fluorierung wird das Agglomerat in gewissem Maß zerkleinert. Dabei entstehen Feinanteile, die den freien Fluß des Materials behindern. Es ist vorteilhaft, das fluorierte Agglomerat vor der Schmelzgranulierung zu kompaktieren. Auf diese Weise wird eine verlässlichere konstante Zudosierungsrate erreicht.

Die Schmelzgranulierung von fluorierten Agglomeraten bietet im Vergleich zur Schmelzgranulierung von nichtfluorierten Agglomeraten viele Vorteile. Die Schmelzgranulierung verläuft praktisch ohne Zersetzung. Der MFI-Wert bleibt nahezu unverändert. Dieser Befund läßt darauf schließen, daß im wesentlichen keine schwachen Hauptkettenbindungen vorliegen. Die Korrosion der verwendeten Apparaturen wird wesentlich reduziert. Daher werden Metallverunreinigungen nur in unbedeutender Menge aufgenommen. Die Emission von gasförmigen Zersetzungprodukten am Düsenausgang wird wesentlich reduziert (zum Beispiel um vier Zehnerpotenzen). Das gesamte Verfahren wird dadurch wesentlich sicherer. Das Auftreten von Düsenverlegungen wird wesentlich reduziert. Daher ist das Verfahren leichter zu überwachen. Die Schmelzgranulate weisen im Unterschied zu Schmelzgranulaten aus nichtfluorierten Agglomeraten, die den Extruder häufig typisch kaffeebraun gefärbt verlassen, keinerlei Verfärbung auf.

Der MFI-Wert des nach dem oben beschriebenen Verfahren hergestellten Schmelzgranulats nimmt im Vergleich zum bei der Polymerisation angefallenen Copolymer nur leicht, nämlich um etwa 10 %, zu. Dadurch kann man leichter eine gleichbleibende Qualität erzielen.

Das Schmelzgranulat wird, wie in DE-A-195 47 909 beschrieben, zur Entfernung von flüchtigen Anteilen und COF-Gruppen einer wäßrigen Behandlung unterworfen. Da

kaum gasförmige Zersetzungprodukte und saure Endgruppen vorhanden sind, wird auch hier die Korrosion des aus rostfreiem Stahl bestehenden Wasserbehandlungsbehälters beträchtlich verringert. Außerdem wird die weitere Verunreinigung mit Schwermetallen vermindert. Darüber hinaus werden aus dem Herstellungsverfahren stammende wasserlösliche Salze entfernt. Die Menge an extrahierbarem Fluorid wird auf weniger als 1 ppm vermindert.

10

#### Prüfmethoden

Der MFI-Wert wird gemäß ASTM D 1238 (DIN 53735) bei 372 °C mit einer Last von 5 kg gemessen. Der MFI-Wert kann in den Wert der Schmelzviskosität in 0,1 Pas (Poise) umgerechnet werden, indem man 53150 durch den MFI-Wert dividiert (g/min).

Der Gehalt an HFP kann durch FTIR-Spektroskopie gemäß US-A-4 552 925 ermittelt werden. Die Absorption bei den Wellenzahlen 980 cm<sup>-1</sup> bzw. 2350 cm<sup>-1</sup> wird an einem Film der Dicke 0,05 ± 0,01 mm bestimmt, der bei 350 °C hergestellt wird und mit einem FTIR-Nicolet Magna 560 FTIR-Spektrometer vermessen wird. Der HFP-Gehalt wird gemäß folgender Gleichung ermittelt:

$$\text{HFP-Gehalt (Gew.-%)} = A_{980}/A_{2350} \times 3,2.$$

Die Endgruppen (-COOH, -COF, -CONH<sub>2</sub>) werden mittels FTIR-Spektroskopie bestimmt, wie es in EP-B-226 668 und US-A-3 085 083 beschrieben ist. Dabei verwendet man einen bei 350 °C hergestellten Film mit einer Dicke von 0,1 mm und einen Referenzfilm aus einem Material, das keine der zu analysierenden Endgruppen enthält. Es wurde ein Nicolet Magna 560 FTIR-Spektrometer mit Software im interaktiven Substraktionsmodus verwendet. Bei Angabe der

- 15 -

Zahl der Endgruppen ist die Summe der isolierten und assoziierten COOH-, CONH<sub>2</sub>- und COF-Gruppen gemeint.

Die Schmelzpunkte der Copolymeren wurden durch DSC nach 5 ASTM D 4591-87 mit einer Aufheizrate von 10 K/min. bestimmt. Die hier angegebene Schmelztemperatur ist die Peaktemperatur der Endotherme beim zweiten Schmelzen.

Die Breite der Molekulargewichtsverteilung, die durch das 10 Mw/Mn-Verhältnis charakterisiert ist, wurde durch rheologische Spektroskopie mit einem "Advanced Rheometer Expansion System" (ARES) der Firma Rheometric Scientific bestimmt. Die Messungen wurden bei 372 °C durchgeführt und nach der Methode von W. H. Tuminello, Polym. Eng. 15 Sci. 26, 1339 (1989), ausgewertet.

Zur Bestimmung der Metallgehalte wurden die Proben bei Raumtemperatur 72 Stunden lang mit 3%iger HNO<sub>3</sub> extrahiert und die Extrakte mittels Atomabsorptionsspektroskopie 20 analysiert.

Der Gehalt an extrahierbaren Fluoridionen im Schmelzgranulat wurde nach der in EP-B-220 910 angegebenen Methode bestimmt. Die Extraktion wurde jedoch 25 nur mit Wasser durchgeführt.

#### Beispiel 1

30 In einem 1500-l-Reaktor aus rostfreiem Stahl wurden 1000 l entionisiertes Wasser mit 3 kg des Ammoniumsalzes der Perfluoroctansäure vorgelegt. Die Luft wurde durch Evakuieren und durch Spülen mit Stickstoff entfernt. Der Reaktor wurde auf 70 °C aufgeheizt und bei dieser 35 Temperatur gehalten. Danach wurden 2 kg einer 25%igen wässrigen Ammoniaklösung zugegeben.

- 16 -

Der Reaktor wurde mit TFE und HFP auf einen Gesamtdruck von 17 bar gebracht, wobei der HFP-Partialdruck 12,5 bar betrug. Die Polymerisation wurde durch Zugabe von 1600 g Ammoniumpersulfat als Lösung in 5 l entionisiertem Wasser innerhalb von 10 min in Gang gebracht. Der Druck wurde durch Einspeisung einer Gasmischung aus TFE/HFP in den Reaktor konstant gehalten. Das TFE/HFP-Gewichtsverhältnis betrug 0,14. Nach 6 Stunden wurde die Reaktion durch Unterbrechung der Monomerzufuhr beendet. Die Monomere wurden durch Entspannen des Reaktors abgelassen. Der Reaktor wurde nach Abkühlen auf Raumtemperatur entladen. Der Feststoffanteil der Polymerdispersion betrug 29 %. Die Dispersion war praktisch frei von Koagulat. Der MFI-Wert betrug 20 g/min. Der HFP-Gehalt des Copolymers belief sich auf 13 Gew.-%. Der Schmelzpunkt betrug 255 °C. Das Copolymer wies 660 COOH-Endgruppen pro  $10^6$  Kohlenstoffatome auf. Das gemessene Mw/Mn-Verhältnis betrug 1,7, wohingegen das aus der Auftragung der Polymerisationsgeschwindigkeit gegen die Zeit berechnete Mw/Mn-Verhältnis sich auf 1,6 belief.

Die Dispersion wurde mit einem Homogenisator koaguliert und mit Benzin agglomeriert. Das Agglomerat wurde dreimal mit entionisiertem Wasser gewaschen und 6 Stunden bei 180 °C in einem Taumeltrockner getrocknet, wobei zunächst mit Stickstoff gespült und dann im Vakuum fertig getrocknet wurde.

Das erhaltene Agglomerat wurde in zwei Teile aufgeteilt. Ein Teil wurde anschließend schmelzgranuliert, mit Wasser gewaschen und getrocknet, wobei sich eine kaffeebraune Farbe ergab. Nach Fluorierung und nochmaliger Behandlung mit Wasser zur Entfernung von verbliebenen COF-Endgruppen verschwand die Verfärbung. Diese Probe wird als A0 bezeichnet. Das Material wies 43 Endgruppen pro Million Kohlenstoffatome auf. Der andere Teil des Agglomerats

wurde zunächst fluoriert, dann schmelzgranuliert, mit Wasser behandelt und getrocknet. Diese Probe mit der Bezeichnung A1 wies nur 18 Endgruppen pro Million Kohlenstoffatome auf.

5

Bei jedem Verfahrensschritt wurde der Gehalt an Eisen, Nickel und Chrom nach dem Extraktionsverfahren ermittelt. Die Ergebnisse sind zusammen mit dem Betrag an Endgruppen in Tabelle 1 aufgeführt.

10

Tabelle 1:

Metallkontamination der Proben A0 und A1 nach den verschiedenen Aufarbeitungsschritten. Das Agglomerat wies 660 Endgruppen auf.

15

Probe A0: Fluorierung des Schmelzgranulats (Vergleich)

Aufarbeitungsschritte					
Metallionen	Agglomerat [ppb]	Schmelzgranulat [ppb]	mit Wasser behandelt [ppb]	fluoriertes Schmelzgranulat [ppb]	Endprodukt: Schmelzgranulat nach Wasserwäsche*) [ppb]
Fe	10	247	198	892	550
Ni	> 10	41	22	56	21
Cr	> 10	38	19	71	27

\*) 43 Endgruppen pro Million Kohlenstoffatome

Probe A1: Fluorierung des Agglomerats (Erfindung)

Aufarbeitungsschritte				
Metallionen	Agglomerat [ppb]	fluoriertes Agglomerat [ppb]	Schmelzgranulat [ppb]	Endprodukt: Schmelzgranulat nach Wasserwäsche*) [ppb]
Fe	10	14	18	14
Ni	> 5	> 5	> 5	> 5
Cr	> 5	> 5	> 5	> 5

20

\*) 18 Endgruppen pro Million Kohlenstoffatome

Die Fluorierung wurde in einem 300-l-Taumeltrockner aus rostfreiem Stahl mit einer Mischung aus 10 % Fluor in Stickstoff bei 140 °C (Probe A0) beziehungsweise bei 100 bis 140 °C (Probe A1) durchgeführt. Einzelheiten sind 5 in Tabelle 2 aufgeführt. Die Fluormischung mußte mehrmals ausgetauscht werden (Nachfüllung). Am Ende der Fluorierung wurde überschüssiges Fluor durch Spülen mit Luft aus dem Reaktor verdrängt. Das überschüssige Fluor wurde durch Hindurchleiten des Luftstroms durch eine 10 Schüttung von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Granulat und durch einen eine wäßrige CaCO<sub>3</sub>-Aufschlämmung enthaltenden Wäscher absorbiert.

Tabelle 2:  
Fluorierungsbedingungen für Proben A0 bzw. A1

Probe	Zustand	Reaktions-temperatur [°C]	Zahl*) der Nachfüllungen	Gesamt-reaktionszeit [h]	Endgültige**) Zahl der Endgruppen
A0	Schmelzgranulat	200	16	8.5	43
A1	Agglomerat	140	7	4	12

15

\*) Nachfüllung nach jeder halben Stunde, außer der letzten Stunde

\*\*) Endgruppen sind die Summe von COOH, COF and CONH, pro Million Kohlenstoffatome

20

Die wäßrige Behandlung des Schmelzgranulats (siehe DE-A-195 47 909) wurde in einem 1000-l-Reaktor aus rostfreiem Stahl durchgeführt. 200 kg des Schmelzgranulats und 400 l entionisiertes Wasser mit 1 l einer 25%igen Ammoniaklösung wurden im Reaktor vorgelegt. Der Reaktor wurde auf 100 °C aufgeheizt und im Fall des nichtfluorierten Schmelzgranulats 4 Stunden und im Fall des fluorierten Schmelzgranulats 1 Stunde bei dieser Temperatur gehalten. Diese Reaktionszeit wird benötigt, um den Gehalt an COF-Endgruppen auf weniger als 5 ppm zu verringern. Der Reaktor wurde durch zweimaliges

- .19 -

Austauschen des Wassers gekühlt. Die Trocknung des Produkts erfolgte durch Einblasen von Heißluft in den Reaktor. Das Schmelzgranulat wies einen Gehalt an extrahierbaren Fluoridionen von 0,1 ppm auf.

5

### Beispiel 2

Probe A11 wurde zusammen mit einem handelsüblichen Produkt mit der Bezeichnung C1 unter zwei verschiedenen Sätzen von Bedingungen über einen Drahtbeschichtungsextruder geschickt. Probe A11 wurde wie A1 hergestellt, besaß aber einen MFI-Wert von 24 g/min. Bezüglich Polymerisation und Aufarbeitung wurde bei A11 wie bei A1 verfahren. A11 weist 28 Endgruppen und einen Eisengehalt von 18 ppb auf. Das gemessene Mw/Mn-Verhältnis betrug 1,6. Der berechnete Wert betrug 1,7. Der Gehalt an extrahierbaren Fluoridionen betrug 0,2 ppm.

20 Die Beschichtungsbedingungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3

Beschichtungsverhalten des erfindungsgemäßen Materials im Vergleich zum handelsüblichen Produkt C1 und zur Probe A0

Lauf Nr.	1	2	3
Probe	A11	A11	C1
MFI, g/min	24	24	21
Kupferdraht-Temperatur [°C]	176 (350 F)	193 (380 F)	177 (350 F)
Kegellänge [cm]	5,1 (2,0 Zoll)	3,8 (1,5 Zoll)	5,1 (2,0 Zoll)
Düsentemperatur [°C]	380 (716 F)	391 (735 F)	380 (716 F)
Extrudergeschwindigkeit [U/min]	21,3	24,7	18,5
Liniengeschwindigkeit [m/min]	521 (1710 f/min)	611 (2006 f/min)	427 (1402 f/min)

25

- 20 -

Die Temperaturprofile, die in der Tabelle nicht aufgeführt sind, wurden zur Maximierung des Linienausstoßes etwas nachgeregelt, wobei die Abweichung von der Isolierungsexzentrizität zwischen 0,00076 und 5 0,0018 cm (0,0003 und 0,0007 Zoll) gehalten wurde.

In den Läufen 1 und 2 waren während der Laufzeit weder deutliche Düsenverlegungen noch Kegelbrüche festzustellen. Im Lauf 3 wurden bei gleicher Laufzeit beträchtliche 10 Düsenverlegungen und Kegelbrüche festzustellen. Bei Alterung von C1 oberhalb der Schmelztemperatur (das heißt 250 °C) ergab sich eine merkliche bräunliche Verfärbung.

15 Beispiel 3

Die Proben A11, A12 und handelsübliche Produkte wurden durch einen leicht verschiedenen Drahtbeschichtungsextruder geschickt.

20 Die Beschichtungsbedingungen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4

25 Beschichtungsverhalten des erfindungsgemäßen Materials im Vergleich zu zwei Handelsprodukten

Lauf Nr.	1	2
Probe	A11/A12	C2
MFI, g/min	24/23	25
Kupferdraht-Temperatur [°C]	193/190 (380 F/375 F)	177 (350 F)
Kegellänge [cm]	5,1 (2,0 Zoll)	5,1 (2,0 Zoll)
Düsentemperatur [°C]	404 (760 F)	404 (760 F)
Extrudergeschwindigkeit [U/min]	42,5	32,0
Liniengeschwindigkeit [m/min]	518 (1700 f/min)	415/417 (1390 f/min)

- ,21 -

Die Temperaturprofile wurden zur Maximierung des Linienausstoßes etwas nachgeregelt, wobei die Abweichung von der Isolierungsexzentrizität zwischen 0,00076 und 0,0018 cm (0,0003 und 0,0007 Zoll) gehalten wurde.

5

Im Lauf Nr. 1 waren über einen Zeitraum von 29 Stunden bei der Extrusion von Drähten in den Farben blau, grün, orange, braun und weiß keine deutlichen Düsenverlegungen und nur 2 Kegelbrüche zu beobachten.

10

Im Lauf Nr. 2 waren während einer Laufzeit von 24 Stunden beträchtliche Düsenverlegungen und durchschnittlich 6 bis 8 Kegelbrüche festzustellen.

15

Ansprüche

1. Aus der Schmelze verarbeitbares, schmelzgranuliertes  
5 Copolymer, das im wesentlichen aus Monomereinheiten  
von 78 bis 95 Gew.-% Tetrafluoroethylen, 5 bis  
22 Gew.-% Hexafluorpropen und höchstens 3 Mol-%  
fluorierten Monomeren, die mit einem Gemisch von  
Tetrafluorethylen und Hexafluorpropen  
10 copolymerisierbar sind, besteht, ein Verhältnis von  
gewichtsmittlerem zu zahlenmittlerem  
Molekulargewicht von weniger als 2 und weniger als  
80 instabile Endgruppen pro  $1 \cdot 10^6$  Kohlenstoffatome  
15 aufweist und durch wäßrige Emulsionspolymerisation  
erhalten wird.
2. Copolymer nach Anspruch 1, das weniger als 200 ppb  
Schwermetalle enthält.
- 20 3. Copolymer nach Anspruch 1 oder 2, das weniger als  
40 instabile Endgruppen pro  $1 \cdot 10^6$  Kohlenstoffatome  
aufweist.
4. Copolymer nach Anspruch 1 oder 2, das im  
25 wesentlichen kein extrahierbares Fluorid enthält.
5. Verfahren zur Herstellung eines Copolymers, das im  
wesentlichen aus Einheiten von 78 bis 95 Gew.-%  
Tetrafluorethylen, 5 bis 22 Gew.-% Hexafluorpropen  
30 und höchstens 3 Mol-% fluorierten Monomeren, die mit  
einem Gemisch von Tetrafluorethylen und  
Hexafluorpropen copolymerisierbar sind, besteht und  
ein Verhältnis von gewichtsmittlerem zu  
zahlenmittlerem Molekulargewicht von weniger als

- 2 und weniger als 80 instabile Endgruppen pro  
1·10<sup>6</sup> Kohlenstoffatome aufweist, bei dem man  
die Monomere durch wäßrige Emulsionspolymerisation  
in wäßrigem Medium polymerisiert, das Copolymer im  
wesentlichen mit mechanischen Mitteln koaguliert,  
das koagulierte Copolymer agglomiert, indem man es  
mit einer mit Wasser im wesentlichen nicht  
mischbaren organischen Flüssigkeit in Berührung  
bringt, das Agglomerat isoliert, das Agglomerat ohne  
Teilsintern zu einem freifließenden Produkt  
trocknet, das freifließende Agglomerat bei einer  
Temperatur von 60 °C bis zur Vorsintertemperatur so  
lange mit einer wirksamen Menge Fluor in Berührung  
bringt, daß instabile Endgruppen im wesentlichen in  
stabile Endgruppen überführt werden, das fluorierte  
Agglomerat schmelzgranuliert und das Schmelzgranulat  
bei einer Temperatur von 60 bis 130 °C mit Wasser in  
Berührung bringt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem man ein wäßriges  
Polymerisationsmedium einsetzt, das im wesentlichen  
frei von Kettenübertragungsmitteln ist.
7. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem man als  
Polymerisationsmedium Wasser einsetzt.
8. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem man ein  
Polymerisationsmedium einsetzt, das im wesentlichen  
frei von Alkalimetallionen ist.
9. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem man bei der  
Agglomerierung eine organische Flüssigkeit einsetzt,  
die frei von Halogenatomen ist.

- 24 -

10. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem man die Fluorierung bei einer Temperatur von 60 bis 150 °C durchführt.
- 5 11. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem man das Schmelzgranulat mit 0,01 bis 1 Gew.-% Ammoniak oder eine Verbindung, die unter den Kontaktierungsbedingungen Ammoniak freisetzt, enthaltendem Wasser in Berührung bringt.
- 10 12. Verfahren zur Verringerung der Häufigkeit von Kegelbrüchen bei der Extrusionsbeschichtung von Drähten, umfassend die Schritte:
  - a) Bereitstellen eines Copolymers, erhalten aus 78 bis 95 Gew.-% Tetrafluorethylen, 5 bis 22 Gew.-% Hexafluorpropen und höchstens 3 Mol-% fluorierten Monomeren, die mit einem Gemisch von Tetrafluorethylen und Hexafluorpropen copolymerisierbar sind, wobei ein Verhältnis von gewichtsmittlerem zu zahlenmittlerem Molekulargewicht von weniger als 2 besteht;
  - b) Bereitstellen eines Drahts oder Leiterkabels;
  - c) Extrudieren des Copolymers um den Leiter bei einer Temperatur, die ausreicht, um einen gleichbleibenden Fluß des Polymers zu liefern.
- 20 13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Polymer weniger als 80 instabile Endgruppen pro  $1 \cdot 10^6$  Kohlenstoffatome aufweist.
- 25 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei das Polymer weniger als 200 ppb Schwermetalle enthält.
- 30 15. Beschichteter Draht, hergestellt gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 00/00528

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 C08F8/22 C08F214/26 B29C47/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C08F B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 222 945 A (DU PONT) 27 May 1987 (1987-05-27) cited in the application page 10, line 33-36; examples 1,2 -----	1-15
X	WO 94 05712 A (DU PONT) 17 March 1994 (1994-03-17) page 15, line 21; claims 13-15; examples 1,14,22 -----	1-15

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the International search report
26 April 2000	08/05/2000
Name and mailing address of the ISA  European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Friederich, P

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l. Appl. No.

PCT/EP 00/00528

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0222945	A	27-05-1987	NONE		
WO 9405712	A	17-03-1994	US 5266639 A	30-11-1993	
			WO 9514719 A	01-06-1995	
			CA 2140869 A	17-03-1994	
			DE 69306402 D	16-01-1997	
			DE 69306402 T	30-04-1997	
			EP 0656912 A	14-06-1995	
			JP 10114846 A	06-05-1998	
			JP 7506873 T	27-07-1995	
			US 5374683 A	20-12-1994	
			US 5397829 A	14-03-1995	
			US 5464904 A	07-11-1995	
			US 5547761 A	20-08-1996	
			DE 69325597 D	12-08-1999	
			DE 69325597 T	03-02-2000	
			EP 0731814 A	18-09-1996	
			JP 9505623 T	03-06-1997	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 00/00528

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 C08F8/22 C08F214/26 B29C47/00		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 C08F B29C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 222 945 A (DU PONT) 27. Mai 1987 (1987-05-27) in der Anmeldung erwähnt Seite 10, Zeile 33-36; Beispiele 1,2 -----	1-15
X	WO 94 05712 A (DU PONT) 17. März 1994 (1994-03-17) Seite 15, Zeile 21; Ansprüche 13-15; Beispiele 1,14,22 -----	1-15
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<small>           "A" Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:            "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist            "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist            "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)            "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht            "P" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist         </small>		
<small>           "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist            "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden            "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist            "&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist         </small>		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. April 2000		08/05/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Friederich, P

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00528

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
EP 0222945	A	27-05-1987			KEINE
-----	-----	-----	-----	-----	-----
WO 9405712	A	17-03-1994	US 5266639 A	30-11-1993	
			WO 9514719 A	01-06-1995	
			CA 2140869 A	17-03-1994	
			DE 69306402 D	16-01-1997	
			DE 69306402 T	30-04-1997	
			EP 0656912 A	14-06-1995	
			JP 10114846 A	06-05-1998	
			JP 7506873 T	27-07-1995	
			US 5374683 A	20-12-1994	
			US 5397829 A	14-03-1995	
			US 5464904 A	07-11-1995	
			US 5547761 A	20-08-1996	
			DE 69325597 D	12-08-1999	
			DE 69325597 T	03-02-2000	
			EP 0731814 A	18-09-1996	
			JP 9505623 T	03-06-1997	
-----	-----	-----	-----	-----	-----